DOI:10.6660/TESFE.1991031 台灣昆蟲Formosan Entomol. 11: 264-281 (1991) 研究報告 Research report

Formosan Entomologist
Journal Homepage: entsocjournal.yabee.com.tw

【Research report】

亮腹釉小蜂(Tamarixia radiata)之形態、生活史及其寄生策略【研究報告】

錢景秦、朱耀沂、古琇芷

*通訊作者E-mail :

Received: Accepted: 1991/09/09 Available online: 1991/12/01

Abstract

摘要

在25℃、光周期14：10 (L：D)及100% RH下，研究亮腹釉小蜂 (Tamarixia radiata (Waterston))之形態、生活史及族群介量。結果得知該蜂為單產雄性孤雌生殖、單元外寄生。雄蜂行多次交尾，93%雌蜂一生僅交尾1次。交尾與否對雌蜂之壽命與產卵量無影響。該蜂以產卵寄生(80%)與取食寄主(20%)之方式使柑橘木蝨(Diaphorina citri Kuwayama)致死。每日亮腹釉小蜂羽化盛期在5-10.a.m.，產卵與取食寄主盛期則在9 a.m.-1 p.m.之間。雌蜂之產卵對柑橘木蝨第五齡若蟲有顯著偏好性，取食寄主則無齡期偏好性。在柑橘木蝨第五齡若蟲上產卵之雌蜂，其子代之蜂體較大，壽命長，存活率、雌性比及產卵量亦較高。該蜂能辨識已被寄生之寄主，以免過寄生與取食已被寄生之寄主。亮腹小蜂一代發育日數為11.4天(卵期1.9天、幼蟲期4.0天、前蛹期0.6天、蛹期4.9天)。每日供應40隻柑橘木蝨第五齡若蟲時，雌、雄蜂壽命各為23.6與14.8天，子代雌性比為0.76，取食與產卵比值為0.26，每雌致死柑橘木蝨潛能與實際致死柑橘木蝨量各為525與513隻，該蜂之族群介量如內在增殖率(r) 為0.3175/天、終極增殖率(λ)為1.37/天、淨增殖率(Ro)為285粒雌性卵/雌及平均世代時間(T)為17.8天。文中並探討該蜂交尾、寄主選擇、產卵、取食寄主及繁殖等之適應策略。

Key words:
關鍵詞: 亮腹釉小蜂、生活史、族群介量、寄生策略、柑橘木蝨。

Full Text: PDF(30.88 MB)

下載其它卷期全文 Browse all articles in archive: http://entsocjournal.yabee.com.tw

中華昆蟲 11: 264-281(1991)
Chinese J. Entomol. 11: 264-281(1991)

亮腹釉小蜂(*Tamarixia radiata*)之形態、生活史及其寄生策略

錢景秦 臺灣省農業試驗所應用動物系 臺中縣霧峰鄉萬豐村中正路189號
朱耀沂 國立臺灣大學植物病蟲害學系 臺北市羅斯福路四段1號
古琇芷 臺灣省農業試驗所應用動物系 臺中縣霧峰鄉萬豐村中正路189號

摘　要

在25℃、光周期14：10 (L：D)及100% RH下，研究亮腹釉小蜂(*Tamarixia radiata* (Waterston))之形態、生活史及族群介量。結果得知該蜂為單產雄性孤雌生殖、單元外寄生。雄蜂行多次交尾，93%雌蜂一生僅交尾1次。交尾與否對雌蜂之壽命與產卵量無影響。該蜂以產卵寄生(80%)與取食寄主(20%)之方式使柑橘木蝨(*Diaphorina citri* Kuwayama)致死。每日亮腹釉小蜂羽化盛期在5～10 a.m.，產卵與取食寄主盛期則在9 a.m.～1 p.m.之間。雌蜂之產卵對柑橘木蝨第五齡若蟲有顯著偏好性，取食寄主則無齡期偏好性。在柑橘木蝨第五齡若蟲上產卵之雌蜂，其子代之蜂體較大，壽命長，存活率、雌性比及產卵量亦較高。該蜂能辨識已被寄生之寄主，以免過寄生與取食已被寄生之寄主。亮腹釉小蜂一代發育日數為11.4天(卵期1.9天、幼蟲期4.0天、前蛹期0.6天、蛹期4.9天)。每日供應40隻柑橘木蝨第五齡若蟲時，雌、雄蜂壽命各為23.6與14.8天，子代雌性比為0.76，取食與產卵比值為0.26，每雌致死柑橘木蝨潛能與實際致死柑橘木蝨量各為525與513隻，該蜂之族群介量如內在增殖率(r)為0.3175／天、終極增殖率(λ)為1.37／天、淨增殖率(R_o)為285粒雌性卵／雌及平均世代時間(T)為17.8天。文中並探討該蜂交尾、寄主選擇、產卵、取食寄主及繁殖等之適應策略。

關鍵詞：亮腹釉小蜂、生活史、族群介量、寄生策略、柑橘木蝨。

Parasitic Strategy, Morphology and Life History of *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae)

Ching-Chin Chien Department of Applied Zoology, Taiwan Agricultural Research Institute, 189 Chungcheng Road, Wufeng, Taichung, Taiwan, R.O.C.
Yau-I Chu Department of Plant Pathology and Entomology, National Taiwan University, 1 Roosvelt Road, Sec. IV., Taipei, Taiwan, R.O.C.
Shiu-Chih Ku Department of Applied Zoology, Taiwan Agricultural Research Institute, 189 Chungcheng Road, Wufeng, Taichung, Taiwan, R.O.C.

ABSTRACT

The morphology, life history, and population parameters of the arrhenotokous *Tamarixia radiata* (Waterston) were studied at 25℃, 14 : 10 (L : D) photoperiod, and 100% RH. The male was capable of multiple mating while 93% of females mated only once. The longevity and fecundity of the female were not affected by the frequency of mating. The female was capable of killing *Diaphorina citri* Kuwayama by parasitizing (80%) and host feeding (20%). The peak of emergence was between 5 a.m. and 10 a.m. while that of oviposition and host feeding was between 9 a.m. and 1 p.m. Although any instar nymph of *D. citri* was suitable prey for *T. radiata*, the wasp significantly preferred to lay eggs on the 5th-instar nymph, resulting in progeny with higher survival, fecundity, female ratio, longevity, and larger body size. The wasp could discriminate the parasitized hosts to avoid feeding on and superparasiting them. Its development period from egg to adult was 11.4 days. The duration of egg, larval, prepupal, and pupal stages averaged 1.9, 4.0, 0.6, and 4.9 days, respectively. When 40 psyllids were provided daily, the host-killing potential and actual host-killing capability for a wasp was 525 and 513 psyllids, respectively. The longevity of female and male wasp averaged 23.6 and 14.8 days, respectively. The female progeny ratio was 0.76. The ratio of host feeding and oviposition was 0.26. The intrinsic rate of increase, finite rate of increase, net reproductive rate, and mean generation time was 0.3175 day^{-1}, 1.37 day^{-1}, 285 female eggs / female, 17.8 days, respectively. *T. radiata* adaptive strategies of mating, host selection, oviposition, host feeding and reproduction are also discussed.

Key words: *Tamarixia radiata*, life history, population parameter, parasitic strategy, *Diaphorina citri*.

前言

亮腹釉小蜂(*Tamarixia radiata* (Waterston)(以下簡稱釉小蜂)，屬膜翅目(Hymenoptera)、小蜂總科(Chalcidoidea)、釉小蜂科(Eulophidae)。該蜂首次記錄於巴基斯坦(Waterston, 1922), 1924年及1976至1989年分別在印度(Husain and Nath, 1924)及中國大陸、沙烏地阿拉伯、尼泊爾、印尼、泰國等地發現(Tang, 1990)。

釉小蜂爲柑橘木蝨(*Diaphorina citri* Kuwayama)(以下簡稱木蝨)之天敵。1978年法屬留尼旺島(Reunion Is.)爲遏止島上柑橘維綠病(greening disease)之蔓延，由印度引進該蜂進行病媒昆蟲－木蝨之生物防治。該蜂釋放後2年，木蝨密度銳減，生物防治成功(Aubert and Quilici, 1984)。臺灣與中國大陸、菲律賓、印尼等地在1983與1987～1988年分別由留尼旺島引進釉小蜂，希冀該蜂能抑制木蝨之發生密度，進而減少柑橘立枯病(或稱黃龍病、維綠病、斑紋黃化、柑橘葉脈韌皮部退化病等)之流行(錢等，1988; 錢等，1991; Chien *et al*., 1989; Gavarra and Mercado 1989; Nurhadi, 1989; Xia, 1988)。

釉小蜂生活史之研究甚少，僅1924年發表一篇(Husain and Nath, 1924)。今爲深入瞭解釉小蜂之形態、生活史及族群介量等基本生物學，乃進行本試驗。希冀就釉小蜂之生物特性，探討其交尾、寄主選擇、產卵、取食寄主及繁殖等之行爲策略。

材料與方法

寄主植物

在田間栽種月橘(*Murraya paniculata* (L.) Jack)，經常修剪促使新芽萌發，待其長成嫩枝時，供田間木蝨產卵或供室內接蜂及飼養被寄生之木蝨用。另在溫室栽種廣東檸檬(*Citrus limonia* Osbeck)800盆，每週定期修剪200盆，待新葉茂盛時移入試驗室內，供木蝨若蟲與被寄生之木蝨飼育用。

供試蟲源

木蝨：每日自上述栽種月橘之田間剪取帶有木蝨卵之月橘枝條，除去側生枝葉，祇留有卵之芽條，每30芽條放入盛水2cm之塑膠杯(直徑9.5cm、高4.5cm)內，並置於室溫爲25℃之室內。待木蝨卵孵化爲第一至第二齡若蟲時，將附有若蟲之月橘芽段移置盆栽之廣東檸檬嫩葉處，使木蝨自動遷移至廣東檸檬，並繼續發育，供應試驗所需之各齡木蝨若蟲。

釉小蜂：在霧峰地區月橘上採集被釉小蜂寄生之木蝨乾屍，攜回放置於25℃定溫箱內，待釉小蜂成蜂羽化後，以上述在月橘枝條上之木蝨供其繁殖至第二代後供試。

釉小蜂接蜂方法

將木蝨若蟲用細毛筆自盆栽廣東檸檬上挑下，集中接在1根長約17cm月橘枝條之上部嫩葉，任其自行固著，然後將此枝條放入兩端開口之接蜂用玻管(直徑3.5cm、高20cm)內，上覆以細密紗網，另於下端近管口2cm處以海綿支撐之，月橘枝條浸水1cm。待接入供試之釉小蜂後，移至定溫箱(25℃，光周期14：10 (L：D), 85～95% RH)內進行試驗。接蜂時間視試驗項目而不同，如觀察釉小蜂之發育期僅接蜂2小時；對寄主齡期之偏好性接蜂4小時；觀察釉小蜂之繁殖力則接蜂24小時；然後將所接之成蜂從玻管中移出。

被寄生木蝨之飼育

接蜂後之木蝨先經鏡檢，再將被寄生者挑至盆栽廣東檸檬後移入上述接蜂用定溫箱內飼育。由於盆栽廣東檸檬所佔空間過大，且本試驗已證實釉小蜂不論寄主飼育在廣東檸檬或月橘枝條上，該蜂之發育與存活率均

無顯著差異，故在本文以下之試驗均改用月橘枝條代替盆栽廣東檸檬。在使用月橘枝條時，爲避免其萎凋另加用一密閉之壓克力箱(長45cm、寬32cm、高26cm)，並在箱壁噴水使箱內相對濕度達100％。箱內放置試管架，將帶有被寄生木蝨之月橘枝條插入管架上盛水之玻管內，再移入上述之定溫箱內飼育。5天後將廣東檸檬或月橘上已形成之木蝨乾屍收集至指形管(直徑1.5cm、高7cm)內，待成蜂羽化。

釉小蜂之形態與發育

在25℃定溫下，將帶有木蝨第五齡若蟲20隻之月橘枝條，供2隻釉小蜂雌蜂產卵2小時(9～11 a.m.)。然後鏡檢木蝨，分別將被產卵之木蝨用細毛筆挑至盆栽廣東檸檬(50隻／株)或月橘枝條(10隻／枝)上。隨後每日觀察釉小蜂各生長期之形態、習性、發育日數及存活率。在廣東檸檬與月橘上，釉小蜂之發育期試驗各觀察14與27隻，存活率之試驗各做3盆與5枝條。另在月橘上，爲求釉小蜂更精確之發育時間，乃依上述每日觀察之結果，在近各蟲期或齡期變化之際，每小時進行詳細觀察，各做19至78重複。

幼蟲齡期之識別係依幼蟲之頭寬與大顎長度判定。前者藉立體顯微鏡(Wild，接目鏡20X、接物鏡5X)中之微尺直接測量，後者則需先製成玻片，繼之在立體顯微鏡(Wild，接目鏡10X、接物鏡25X)配置Wild (MMS 335)型之測微器(digital length-measuring sets)下測之。測量幼蟲大顎長度需先製成玻片，其製法爲先將整隻幼蟲浸在10％ KOH溶液24小時，再移至載玻片上，在立體顯微鏡下用昆蟲針刺破幼蟲體膚，將其體內之內容物排出並用濾紙片吸淨，滴入Hoyer's solution封片。

釉小蜂成蜂習性

羽化：自霧峰地區月橘綠籬上採回被釉小蜂寄生之木蝨乾屍，置於室溫爲25℃之室內，觀察釉小蜂之羽化方式並記錄該蜂每小時之羽化頻率及性比。觀察蟲數爲560隻。

交尾：25℃定溫下，將釉小蜂老熟蛹依性別分置指形管內，待羽化後即將1對成蜂引入另一指形管內，餵食蜂蜜並觀察其交尾方式與交尾時間，共做30重複。雌蜂交尾次數之觀察係雌蜂羽化後引入上述指形管內餵食蜂蜜，每日在8～9 a.m.間供應初羽化未交尾雄蜂1隻，1小時後將雄蜂移出，記錄其間雌蜂之交尾次數，試驗持續進行至雌蜂死亡爲止，共做15重複。雄蜂交尾次數之觀察亦在指形管內進行並餵食蜂蜜，至於每日供應之初羽化雌蜂數則視雄蜂日齡而定，如雄蜂1～5日齡時供應10隻雌蜂，6～11日齡時供應5隻雌蜂，經24小時後將供試雌蜂移出，隨即分別引入接蜂用玻管內，每日各供應帶有20隻木蝨第五齡若蟲之月橘枝條，次日更換之，共持續2天。然後各別飼育其子代，以其子代雌蜂出現與否推算其親代雄蜂終生之交尾次數。

產卵：25℃定溫下，將已交尾雌蜂引入接蜂用玻管內，並供應帶有木蝨第五齡若蟲之月橘枝條，觀察釉小蜂之產卵方式與產卵時間，共做30重複。釉小蜂蜂毒(venom)效應之測試，分二種方式進行，一爲在立體顯微鏡下用濕潤之細毛筆小心地將木蝨第三至第五齡若蟲上之釉小蜂卵去除，繼之，觀察該木蝨之發育情形，各做10～20重複；另一爲在立體顯微鏡下先將木蝨第五齡若蟲腹面朝上，然後以濕潤之細毛筆小心地將釉小蜂第一、第二或第三齡幼蟲依其習性分別接種在木蝨腹面之胸、腹部，停置10分鐘後再將木蝨挑回月橘上，繼之，觀察木蝨與釉小蜂之發育情形，各做10重複。產卵時刻之觀察則自5 a.m.起每隔4小時將帶有15隻木蝨第五齡若蟲之月橘枝條，供1隻2日齡釉小蜂雌蜂

產卵，共持續48小時。記錄釉小蜂在2與3日齡時，該蜂每4小時內之產卵量。共做30重複。日產卵習性之觀察爲1隻雌釉小蜂羽化後，在不餵食情況下各供應帶有10隻木蝨第五齡若蟲之月橘枝條，記錄該蜂首次接觸寄主時其產卵之機率。共做30重複。

取食寄主：觀察釉小蜂取食寄主(host feeding)方式、時間、活動時刻及日取食習性等，其方法與前項產卵試驗相同。

雌蜂交尾次數與繁殖力：試驗分三種處理方式進行，即分別爲未交尾雌蜂1隻、祇交尾1次之雌蜂1隻及終生在一起交尾1或1次以上之雌雄蜂1對。在25℃定溫下，自釉小蜂羽化當天起每處理每日供應帶有20隻木蝨第五齡若蟲之月橘枝條進行接蜂，直至雌蜂死亡爲止。接蜂次日鏡檢木蝨，將各處理被寄生之木蝨若蟲分別挑至新鮮月橘枝條上飼育。記錄各處理釉小蜂之壽命、產卵量及子代雌性比(♀/♀+♂)。共做5重複。

釉小蜂對寄主齡期之偏好性

試驗區分無選擇性試驗(no choice test)與有選擇性試驗(free choice test)二種。在25℃定溫下，將1隻2日齡釉小蜂雌蜂引入接蜂用玻管，前者分別供應帶有木蝨第一至第五齡之同齡期若蟲20隻之月橘枝條，後者則供應第一至第五齡若蟲各10隻之1根月橘枝條，待釉小蜂產卵4小時(9 a.m.～1 p.m.)後，記錄各處理雌蜂之產卵量與取食寄主量。各做30與20重複。

寄主齡期對釉小蜂子代之存活率、雌性比、蜂體大小、產卵量及壽命之影響

25℃定溫下，分別將帶有木蝨第三、第四或第五齡若蟲20隻之月橘枝條，各供1隻2日齡釉小蜂雌蜂產卵，24小時後鏡檢木蝨，將各處理被寄生之木蝨分別挑至新鮮月橘枝條上繼續飼育，記錄各處理中釉小蜂卵至幼蟲期與蛹期之存活率、子代成蜂之雌性比，各做20重複。另記錄自第四與第五齡木蝨若蟲羽化之釉小蜂蜂體大小，並觀察此二處理子代1對成蜂在每日供應木蝨第五齡若蟲20隻時之終生產卵量與壽命，各做12與5重複。

寄主密度對釉小蜂繁殖力、取食寄主量及致死寄主潛能之影響

就二種寄主密度進行試驗。在25℃定溫下，將1對初羽化之釉小蜂每日分別供應帶有木蝨第五齡若蟲20與40隻之月橘枝條，直至雌蜂死亡爲止。記錄1對成蜂之壽命、產卵期、產卵量、取食木蝨量、致死木蝨潛能“寄生蜂之產卵量＋取食木蝨量”、實際致死木蝨量“致死木蝨潛能－過寄生卵數－木蝨被產卵又被取食量”、過寄生率及子代雌性比等。各做5重複。其中日取食與產卵比值(host feeding and oviposition ratio)係以“當日取食寄主量／當日產卵量”計算之。

齡別生命表

以50個釉小蜂同齡蜂卵爲起始點，即每10隻被寄生木蝨飼育在同一月橘枝條上，共做5重複，追蹤記錄釉小蜂之死亡率，待成蜂羽化後分別記錄5對成蜂其終生產卵量與壽命，並繼續飼育其所有子代至羽化爲止，然後以其子代之雌性比估算其母代之產雌卵數。

利用Birch(1948)之方法估算在每日各供應木蝨第五齡若蟲20或40隻時，釉小蜂之族群介量。

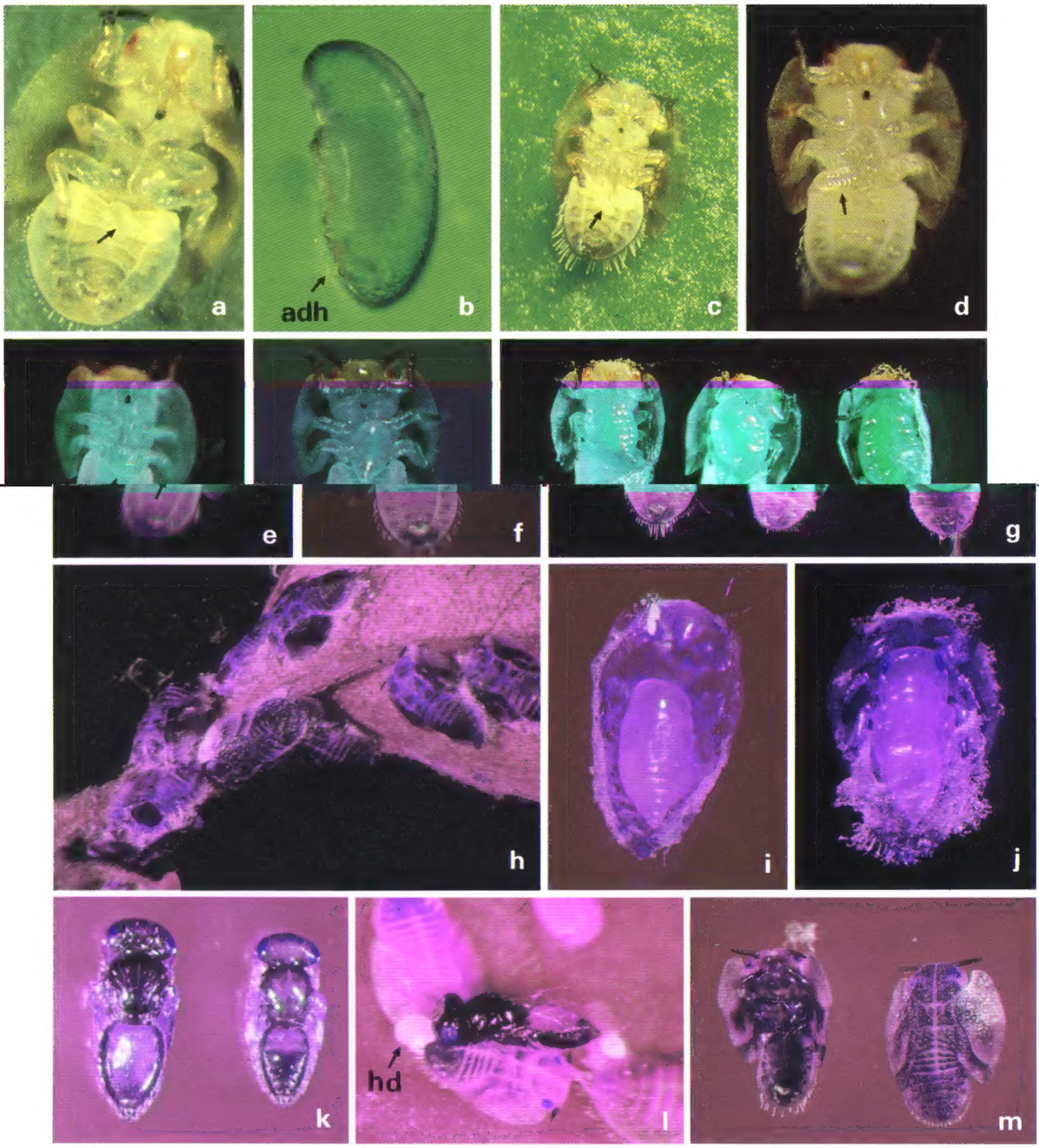
結　果

釉小蜂之形態與發育(圖版Ⅰ)

形態

卵(圖版Ⅰ－b)：半透明、乳白色、腎形(reniform)，一端側面具溝紋，另一端側面爲黏附寄主處(adhesive site)。大小爲長0.18±0.001 mm、寬0.07±0.001 mm。

幼蟲共有4個齡期。各齡幼蟲大顎之形狀



圖版 I . 亮腹釉小蜂之各生長期

a. 卵（箭頭處）；b. 卵（近照），黏著點（adh，箭頭處）；c. 過寄生卵（箭頭處）；d. 第一齡幼蟲（箭頭處）；e. 第二齡幼蟲（箭頭處）；f. 第三齡幼蟲；g. 第四齡幼蟲之發育；h. 被寄生之木蝨乾屍與蜂之羽化孔；i. 前蛹；j. 蛹；k. 雌蛹（左）、雄蛹（右）；l. 雌成蟲取食木蝨所分泌之蜜露（hd，箭頭處）；m. 被亮腹釉小蜂取食後乾癟木蝨之腹面（左）與背面（右）。

Plate I . Growth stage of *Tamarixia radiata*

a. Egg (arrow); b. Close up view of egg, adhesive site (adh, arrow); c. Eggs superparasitized (arrow); d. The first instar larva (arrow); e. The second instar larva (arrow); f. The third instar larva; g. Development of the fourth instar larva; h. Mummified body of host psyllid and the emergency hole of wasp; i. Prepupa; j. Pupa; k. Muture pupa (L, ♀; R, ♂); l. Adult female fed on honeydew (hd, arrow) excreded by psyllid; m. Psyllid killed by host feeding (L, ventral; R, dorsal).

均爲簡單齒狀，無其它特徵，因而各齡期之區分，僅可藉頭寬與大顎之長度爲識別標準。其中大顎較爲骨化、變異較小，且隨齡期之發育呈階段性增長，因而以其大小爲齡期識別標準較爲準確；至於頭寬，各齡期以1.54±0.02）之比率增長（$\log\hat{y} = -1.4140 + 0.1188x$, $R^2 = 0.9993$）亦符合Dyar法則（Dyar, 1890）。第一至第四齡幼蟲之特徵、個體與大顎之大小分述如下（表一、二）。

第一齡幼蟲（圖版 I －d）：體透明、無色，略呈直筒形，腹部腸內僅含少許內容物。體長0.28 mm、寬0.11 mm，大顎長6.6 μm、寬4.7 μm。

第二齡幼蟲（圖版 I －e）：體透明、無色，略呈紡錘形，腹部腸內內容物增多。體長0.39 mm、寬0.21 mm，大顎長11.5 μm、寬8.6 μm。

第三齡幼蟲（圖版 I －f）：體透明、無色、腸內內容物黃色，紡錘形、具長尾狀部（spindle like with acute tail）。體長0.61 mm、寬0.38 mm，大顎長16.0 μm、寬12.3 μm。

第四齡幼蟲（圖版 I －g）：體透明、無色，腸內內容物紅褐色，橢圓形、具長尾狀部（elliptical with acute tail）、但一般縮入不見，體內佈滿脂肪體。體長1.02 mm、寬0.54 mm，大顎長18.9 μm、寬15.5 μm。

前蛹（圖版 I －i）：體乳白色，體長1.26±0.02 mm、寬0.54±0.007 mm。

蛹（圖版 I －j）：體黃色、複眼與單眼紅色。體長 1.26±0.007 mm、寬0.57±0.007 mm。

成蜂（圖版 I －l）：雌，體黑色，複眼紅色，腹部背板第一至第四節淡黃色、腹部略成心形，體長1.12 mm、寬0.36 mm。雄，體黑色、複眼紅色，腹部背板第一節後緣、第二節及第三節前緣淡黃色、腹部略成直筒形，體長1.03 mm、寬0.33 mm。

表一　亮腹釉小蜂幼蟲各齡期體軀之測定值

Table 1. Body size ($\bar{x}$±SEM) of various instars of *Tamarixia radiata*

Instar	n	Head width (mm)	Body length (mm)	Body width (mm)
First	10	0.06±0.00	0.28±0.01	0.11±0.01
Second	20	0.09±0.00	0.39±0.08	0.21±0.03
Third	40	0.14±0.01	0.61±0.01	0.38±0.01
Early	16	–	0.53±0.01	0.33±0.01
Late	16	–	0.69±0.01	0.42±0.01
Fourth	100	0.22±0.01	1.02±0.02	0.54±0.01
Early	19	–	0.73±0.02	0.47±0.01
Late	30	–	1.14±0.02	0.59±0.01

表二　亮腹釉小蜂幼蟲各齡期大顎之測定值

Table 2. Mandible length and width of various instars of *Tamarixia radiata*

		Mandible ($\bar{x}$±SEM)	
Instar	n	Length (μm)	Width (μm)
First	10	6.6±0.3	4.7±0.3
Second	10	11.5±0.4	8.6±0.2
Third	10	16.0±0.3	12.3±0.3
Fourth	20	18.9±0.2	15.5±0.2

發育經過

不論將寄主木蝨飼育在廣東檸檬或月橘上，釉小蜂卵至成蟲期之發育與存活率均無顯著差異（發育期t＝2.015, df＝41；存活率t＝0.388, df＝6）。在月橘上釉小蜂一世代，即自卵發育至成蟲羽化約需11.4天。其中卵期爲1.9天；幼蟲期爲4.0天，第一至第四齡幼蟲之

發育期各爲1.0, 1.0, 0.9及1.1天；前蛹期爲0.6天及蛹期爲4.9天(表三)。卵之孵化率爲94%，幼蟲與蛹期之存活率各爲99與94%(表三)。第一齡幼蟲孵化後在其原產卵處，即寄主木蝨若蟲腹面之胸腹節間，用其口器透過寄主體膚吮吸寄主體液(圖版 I －d)。發育至第三齡幼蟲時，乃蠕動至寄主胸部腹面取食(圖版 I －f)。釉小蜂第一至第三齡幼蟲之取食量很少，寄主木蝨仍活著，保持其原形。待該蜂發育至第四齡幼蟲初期，寄主才告死亡。此時該齡幼蟲食量大增，約經7小時，即將寄主木蝨體液吸盡，僅剩乾癟之外皮(圖版 I －g)，而釉小蜂老熟幼蟲卻藏在木蝨乾屍下，吐絲將寄主乾屍與自身固定於葉片或枝條上(圖版 I －h)。隨後老熟幼蟲靜止不動，全體緊縮進入前蛹(圖版 I －i)，再蛻皮爲蛹(圖版 I －j)。羽化前，蛹體變黑，可依腹部外形與顏色區分雌、雄性(圖版 I －k)。

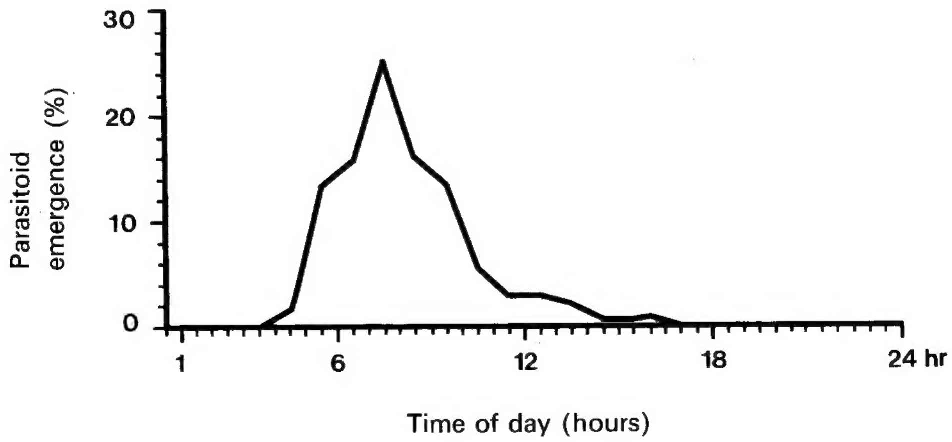
釉小蜂成蜂習性

羽化：釉小蜂蛹發育成熟後，成蜂即在寄主木蝨乾屍之胸部背面咬一直徑約 0.5 mm 之圓洞鑽出(圖版 I －h)。羽化時刻爲 4 a.m.

表三　亮腹釉小蜂各蟲期之發育日數與存活率

Table 3. Duration and survival rate of various developmental stages of *Tamarixia radiata*

Stage	Duration (days)		% Survival	
	n	$\bar{x}$±SEM	n	$\bar{x}$±SEM
Egg	78	1.9±0.01	50	94±2
Larva	50	4.0±0.01	46	99±1
First instar	77	1.0±0.01	—	—
Second instar	49	1.0±0.02	—	—
Third instar	41	0.9±0.02	—	—
Fourth instar	35	1.1±0.03	—	—
Prepupa	27	0.6±0.05	—	—
Pupa	19	4.9±0.10	44	94±2
Egg to adult	28	11.4±0.10	44	88±3



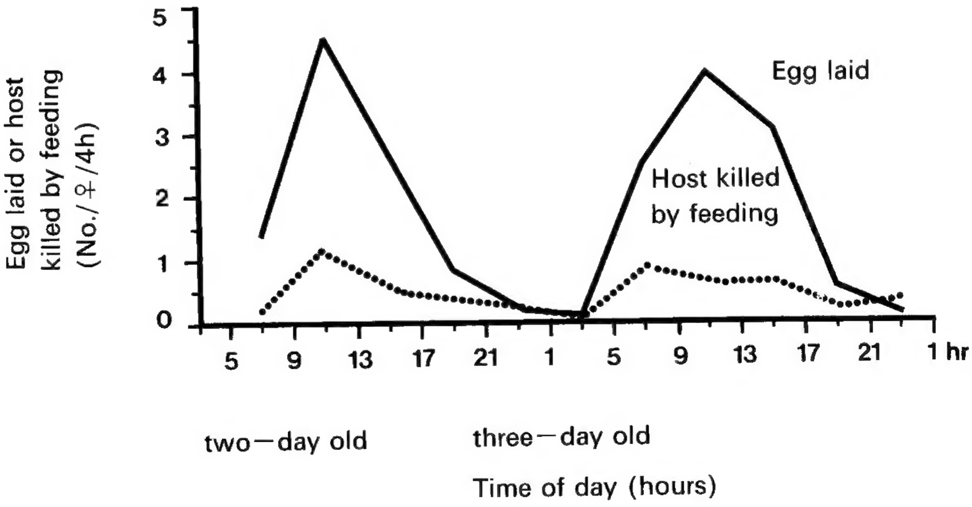
圖一　亮腹釉小蜂一日內之羽化時刻。

Fig. 1. Adult emergence of *Tamarixia radiata* at the time of day.

至4 p.m.之間，但83％集中於5 a.m.至10 a.m.，尤以7 a.m.至8 a.m.爲其高峰(圖一)。雄蜂羽化較雌蜂早1.5小時。田間成蜂羽化之雌性比爲0.8。

交尾：釉小蜂羽化後即可交尾。交尾時雄蜂揮動觸角尋找雌蜂，觸及雌蜂後即爬上其背彼此接觸約68±7秒(6～157秒，n＝30)，雄蜂乃彎曲腹部與雌蜂正式交尾，每次需時33±3秒(13～73秒，n＝30)。93％雌蜂一生僅交尾1次，且均發生在1日齡時；另外7％雌蜂一生交尾2次，分別發生在1、2日齡時(n＝15)。而雄蜂一生則多次交尾。

產卵：雌蜂羽化當天不論交尾與否即可產卵，產卵時雌蜂揮動觸角尋找寄主。若觸及適齡木蝨若蟲時，即反轉其身180°，自木蝨腹側將產卵管向內伸入產卵。產卵時間爲61±8秒(9～175秒，n＝30)。在產卵前該蜂先注入蜂毒，使寄主若蟲失去知覺，4～8分鐘後寄主乃恢復活動。此時若將釉小蜂卵自寄主木蝨上移去，結果發現該木蝨不能蛻皮且經8～9天後死亡，而正常木蝨第三、第四及第五齡若蟲之發育期各爲2.1、2.9及5.5天。另若將釉小蜂第一、第二或第三齡幼蟲各接在未被寄生之木蝨第五齡若蟲上，則發現各齡釉小蜂幼蟲均不能吸附在木蝨體表，且當木蝨爬行時釉小蜂幼蟲即掉落。釉小蜂寄生木蝨方式爲單元外寄生。卵之一端側面黏附在木蝨若蟲腹面胸腹節相連之凹陷處(圖版Ｉ－a)，極少產卵於木蝨若蟲之頭、胸、足及觸角等處。一般釉小蜂在1隻木蝨若蟲上僅產1個卵，但在寄主密度太低時，亦可見1隻木蝨若蟲上有2個或甚至達7個釉小蜂卵並排產在木蝨若蟲腹面胸腹間或腹部(圖版Ｉ－c)。而此些過寄生蜂卵雖可孵化爲第一齡幼蟲，但發育至第二齡幼蟲時，卻僅存1隻，羽化後雌蜂體長爲1.12±0.04 mm、寬0.35±0.01 mm，雄蜂體長1.04±0.03 mm、寬0.33±0.01 mm，與單元寄生者無顯著差異(雌體長t＝0.0888、df＝16，寬t＝0.2879、df＝16；雄體長t＝0.3426、df＝15，寬t＝0.0701、df＝15)。產卵時刻爲5 a.m.至5 p.m.，而9 a.m.至1 p.m.爲其高峰期(圖二)。日產卵習



圖二　亮腹釉小蜂一日內之產卵與取食時刻。
Fig. 2. Trends of oviposition and host feeding of *Tamarixia radiata* at the time of day.

性爲70%之雌蜂每日首遇寄主時會先取食之，繼之，才尋覓其它寄主產卵或取食(n＝30)。

取食寄主：釉小蜂羽化後除取食木蝨所分泌之蜜露維生外，雌蜂另可藉產卵管鑽刺木蝨體表，再以口器在該鑽刺處取食木蝨體液；雄蜂則未見取食寄主現象。第四或第五齡木蝨若蟲被1隻釉小蜂取食時，其外型雖未見明顯地改變，但至次日該木蝨呈乾癟狀死亡(圖版 I －m)。雌蜂每次取食寄主約需21±2秒(8～42秒，n＝30)，釉小蜂之取食寄主活動時刻爲5 a.m.至5 p.m.(圖二)。

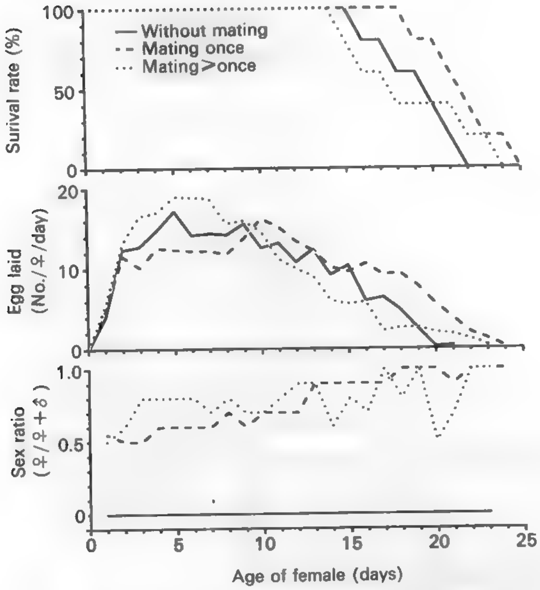
雌蜂之交尾次數與繁殖力：由表四與圖三之試驗結果，得知釉小蜂雌蜂在未交尾、祇交尾1次及與雄蜂終生在一起交尾1或多次之三種處理間，雌蜂之壽命、產卵量及取食寄主量均無顯著差異。但子代之雌性比分別爲0、0.74及0.77，即未交尾雌蜂祇能產雄性後代，而交尾1次之雌蜂在其一生中產下之受精卵數，與雌、雄蜂終生在一起交尾1或多次之雌蜂間無顯著差異。顯示釉小蜂的生殖方式爲一單產雄性孤雌生殖者(arrhenotoky)，且交尾與否對雌蜂之壽命與產卵量均無影響。

表四　亮腹釉小蜂雌蜂在不同交尾次數時之繁殖力與取食寄主量

Table 4. Reproductive and host feeding capabilities of female *Tamarixia radiata* at different mating frequencies

Mating frequency	Total eggs laid	Sex ratio (♀/♀+♂)	Longevity (days) Female	Longevity (days) Male	Host killed by feeding
0	209±14a	0b	18.4±1.1a	－	73±4a
1	228±12a	0.74±0.01a	21.0±1.0a	－	58±4a
>1	215±20a	0.77±0.01a	18.0±1.7a	11.6±1.0	60±5a

Means ($\bar{x}$±SEM) in each column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by LSD.



圖三　亮腹釉小蜂雌蜂在不同交尾次數時各日齡之存活率、產卵量及子代性比。

Fig. 3. Daily survival rate, fecundity and sex ratio of female *Tamarixia radiata* at different mating frequencies.

釉小蜂對寄主齡期之偏好性

釉小蜂不論在寄主齡期無選擇或有選擇性試驗時，其產卵均顯示對較大齡期之寄主具有顯著之偏好性，然在第一與第二齡木蝨若蟲體上，則未發現該蜂產卵(表五)。而釉小蜂之取食寄主行爲，在無選擇性試驗時，該蜂可取食木蝨各齡期若蟲，但對第二、第三及第四齡期若蟲之取食量較大；然在有選擇性試驗時，該蜂對木蝨各齡期若蟲之取食量卻無顯著差異(表五)。顯示釉小蜂產卵時對較大齡期之木蝨有顯著偏好，但在取食時則未見此種偏好性。

寄主齡期對釉小蜂子代之存活率、雌性比、蜂體大小、產卵量及壽命之影響

釉小蜂自卵至成蟲期之存活率以寄生在寄主齡期較大者高，如該蜂分別在木蝨第三、第四及第五齡若蟲上產卵時，子代釉小蜂之存活率各爲33、71及85%，前者與後二者間有顯著差異(表六)。又該蜂產卵在老齡寄主時，可顯著提高子代之雌性比，如釉小蜂在木蝨第五齡若蟲上產卵時，子代之雌性比爲0.67，第四齡若蟲上爲0.16，第三齡若蟲上爲0，各處理間差異顯著(表六)。另就子代之蜂體大小、產卵量及壽命而言，亦以產卵在第五齡期木蝨若蟲者蜂體較大、產卵量多、壽命長(表七)。

寄主密度對釉小蜂繁殖力、取食寄主量及致死寄主能力之影響

由表八與圖四、五之試驗結果顯示每天供應寄主密度爲20或40隻木蝨第五齡若蟲時，釉小蜂之子代雌性比分別爲0.77與0.76，不因木蝨之供應數有顯著差異。而蜂之取食與產卵比值頗爲穩定，亦不受木蝨供應數之影響，1隻雌蜂每取食0.31或0.26隻木蝨第五齡若蟲，可產下1粒卵。至於蜂之壽命、產卵期、產卵量及取食寄主量等則受木蝨供應數之影響，隨木蝨供應數增加而增加，處理間差異顯著；過寄生率則反之，隨木蝨供應數增加而減少，處理間差異顯著；因而顯示釉小蜂之致死寄主能力亦隨木蝨供應數增加而增加，處理間差異顯著。同時由於雌蜂之產卵期與其壽命相一致，顯示釉小蜂既無產卵前期，且可持續產卵至近其死亡爲止。另依表九釉小蜂其日取食量與產卵量之相關係數，則顯示不論在木蝨密度爲每日20隻或40隻時，二者間皆以當日之反應最強。

齡別生命表

由表十與圖六之試驗結果顯示木蝨供應

表五　亮腹釉小蜂對寄主齡期之偏好性

Table 5. Preference of *Tamarixia radiata* on various instars of *Diaphorina citri*

Instar of psyllid	No choice test		Free choice test	
	Total eggs laid	Host killed by feeding	Total eggs laid	Host killed by feeding
1st	0c	0.6±0.16b	0b	0.3±0.13a
2nd	0c	1.0±0.13ab	0b	0.3±0.09a
3rd	0.3±0.11c	1.6±0.16a	0b	0.6±0.18a
4th	2.5±0.36b	1.6±0.24a	0.7±0.16b	0.6±0.20a
5th	3.9±0.49a	1.0±0.15b	3.4±0.47a	0.2±0.11a

Means ($\bar{x}$±SEM) in each column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by LSD.

表六　寄主齡期對亮腹釉小蜂子代之存活率與性比之影響

Table 6. Influence of *Diphorina citri* instar on the survival and sex ratio of *Tamarixia radiata* progenies

Instar of psyllid	% Survival						Sex ratio (♀/♀+♂)	
	Egg－larva		Pupa		Egg－adult			
	n	$\bar{x}$±SEM	n	$\bar{x}$±SEM	n	$\bar{x}$±SEM	n	$\bar{x}$±SEM
3rd	6	33±21b	2	100±0a	6	33±21b	2	0c
4th	76	91± 3a	69	78±5a	76	71± 5a	54	0.16±0.05b
5th	122	93± 2a	114	91±3a	122	85± 3a	104	0.67±0.05a

Means in each column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by LSD.

表七　寄主齡期對亮腹釉小蜂子代之蜂體大小、產卵量及壽命之影響

Table 7. Influence of *Diphorina citri* instar on size, fecundity, and longevity of *Tamarixia radiata* progenies

Item	n	Instar of psyllid used 4th	5th
Female (mm)			
Length	12	0.91±0.01b	1.12±0.03a
Width	12	0.30±0.004b	0.36±0.01a
Male (mm)			
Length	12	0.86±0.01b	1.03±0.02a
Width	12	0.30±0.004b	0.33±0.01a
Total eggs laid	5	120±14b	215±20a
Longevity (days)			
Female	5	14.4±1.0b	18.0±1.7a
Male	5	7.2±1.0b	11.6±1.0a

Means ($\bar{x}$±SEM) in each row followed by the same letter are not significantly different at 5% level by t test.

表八　寄主密度對亮腹釉小蜂繁殖、取食寄主及致死寄主能力之影響

Table 8. Influence of *Diaphorina citri* density on the reproductive, host feeding , and host-killing capability of *Tamarixia radiata*

Item	No. psyllids provided / day 20	40
Longevity (days)		
Female	18.0±1.7Ba	23.6±0.8Aa
Male	11.6±1.0Bb	14.8±0.8Ab
Oviposition period (days)	17.4±2.0B	23.2±0.8A
Total eggs laid (E)	215±20B	434±39A
Ratio of female progeny	0.77±0.01A	0.76±0.01A
Host killed by feeding (F)	60±5B	91±7A
Host feeding and oviposition ratio	0.31±0.03A	0.26±0.03A
Potential of host-killing (E+F)	276±24B	525±44A
Actual host-killing capability (E+F−S−C)	245±23B	513±43A
Percentage of superparasitism	10.4±1.3B	1.1±0.2A

S: No. superparasitized, C: No. prey parasitized and fed.

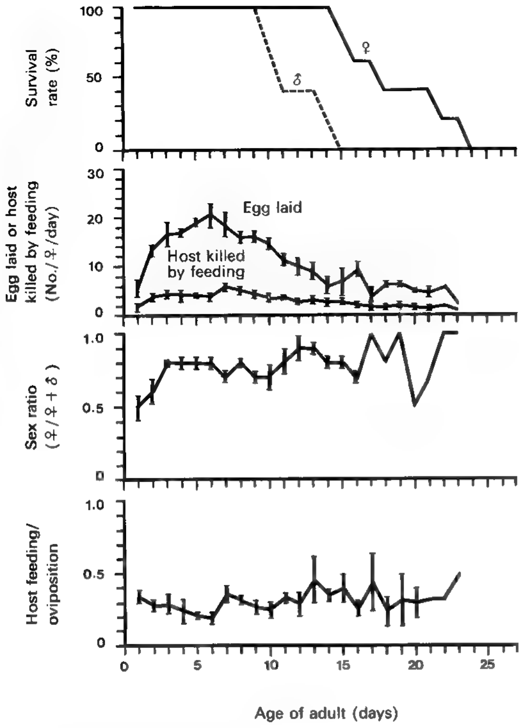
Means ($\bar{x}$±SEM) within each row followed by the same uppercase letter are not significantly different at 5% level by t test. Means ($\bar{x}$±SEM) within each column followed by the same lowercase letter are not significantly different at 5% level by t test.

數多時，釉小蜂繁殖力大。每日供應20與40隻木蝨第五齡若蟲時，釉小蜂之內在增殖率(r)各爲0.3077/天與0.3175/天，終極增殖率(λ)各爲1.36/天與1.37/天，淨增殖率(R_o)各爲140與285粒雌性卵/雌，平均世代時間(T)各爲16.05與17.80天。

討論與結論

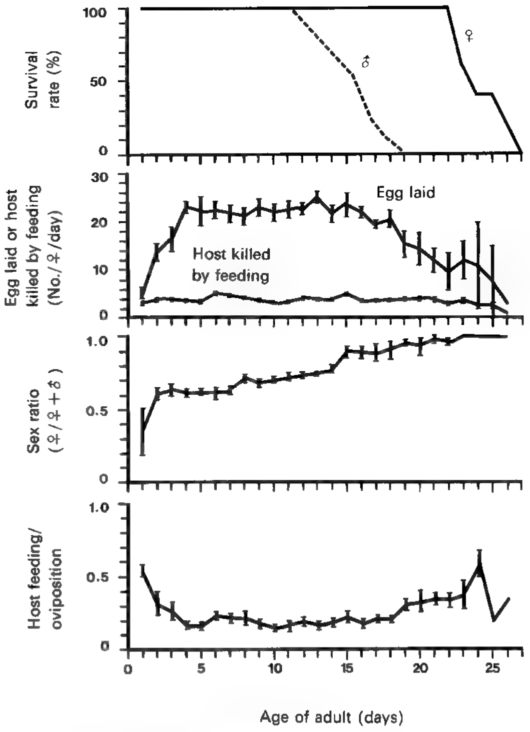
交尾策略

Havron *et al.* (1987)曾云單產雄性孤雌生殖之昆蟲與蟎類在自然選汰壓力下，若其



圖四　亮腹釉小蜂在每日供應寄主密度20隻時各日齡之繁殖力與取食寄主量。

Fig. 4. Daily reproductive and host feeding capabilities ($\bar{x}\pm$SEM) of *Tamarixia radiata* provided with 20 *Diaphorina citri* nymphs per day.



圖五　亮腹釉小蜂在每日供應寄主密度40隻時各日齡之繁殖力與取食寄主量。

Fig. 5. Daily reproductive and host feeding capabilities ($\bar{x}\pm$SEM) of *Tamarixia radiata* provided with 40 *Diaphorina citri* nymphs per day.

表九　時滯對亮腹釉小蜂每日取食寄主與產卵相關係數之影響

Table 9. Influence of time lag on the coefficient of correlation（r）between daily host feeding and oviposition

Time lag (days)	20 psyllids / day		40 psyllids / day	
	n	r	n	r
0	90	0.5385**	113	0.3162**
1	85	0.3742**	108	0.1000
2	80	0.2236*	103	0.0000
3	75	0.2236	98	0.1414

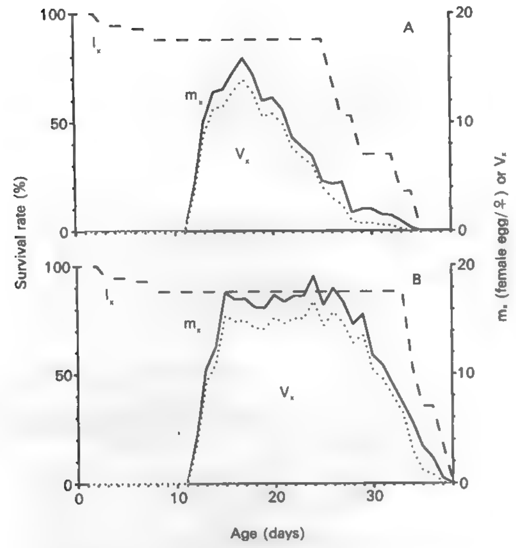
*：Significant at 0.5% leveal; **：Significant at 1% leveal.

雄蟲具有害之隱性基因，將易被快速地自族群中滅絕。因此Gauld and Barry (1988)認爲彼等會允許高度的同胞(siblings)間交配。如群居性(gregarious)之赤眼卵蜂(*Trichogramma*)在其每一群(brood)中僅產少數雄性卵；且雄蜂較雌蜂先羽化，並在雌蜂未分散前即完成交尾等之行爲。Hamilton (1967)亦指出在前述現象中，雌蜂常藉產下高雌性比

表十　寄主密度對亮腹釉小蜂族群介量之影響

Table 10. Influence of *Diaphorina citri* density on the population parameters of *Tamarixia radiata*

Parameter		No. psyllids provided / day	
		20	40
Intrinsic rate of increase (day^{-1})	r	0.3077	0.3175
Finite rate of increase (day^{-1})	λ	1.3603	1.3736
Net reproductive rate (female eggs / ♀)	R_o	140	285
Mean generation time (days)	T	16.05	17.8



圖六　不同寄主密度時亮腹釉小蜂之齡別存活率(l_x)、繁殖率(m_x)及淨增殖值($v_x=l_xm_x$)

Fig. 6. Age-specific survival rate(l_x), fecundity rate (m_x) and distribution of net maternity value ($v_x=l_xm_x$) of *Tamarixia radiata* at different *Diaphorina citri* densities. A: 20 hosts provided daily, B: 40 hosts provided daily.

之子代，以減少子代雄性彼此間之交尾競爭(local mate competition)。釉小蜂屬單產雄性孤雌生殖；雄蜂羽化較雌蜂早1.5小時，93%之雌蜂一生僅交尾1次，但卻可維持其子代0.74之雌性比；雌蜂交尾與否對其產卵無影響；子代雌性比與雌蜂日齡呈極顯著關(每日供應寄主20隻時$\hat{y}=0.6785+0.011x$, 0.1102, df=82；每日供應寄主40隻時$\hat{y}=$ $0.5362+0.0200x$, $R^2=0.7469$, df=112)，甚至當雌蜂交尾1次即與雄蜂分開者，雌蜂日齡至13天後之高齡時，其子代雌性比仍維持在0.9～1.0間($\hat{y}=0.4750+0.0262x$, $R^2=0.6712$, df=103)(圖三)，顯示1次交尾，即可使釉小蜂雌蜂受精囊內接受終生足夠卵受精用之精子。此等特性除直接反應釉小蜂針對木蝨聚集特性所演化出之單產雄性孤雌生殖之適應性，更因釉小蜂雄蜂之多次交尾能力(一生約28次，未發表資料)與該蜂高雌性比之關係，顯示釉小蜂在減少子代雄性交尾競爭與高繁殖潛能之適應力。

寄主選擇策略

Charnov (1982)認為在一定寄主資源下，寄生蜂產下雌性卵對該族群在環境之適應能力遠較產下雄性卵大。因而寄生蜂為擴大其適應值，在其長期演化中乃發展已交尾之雌蜂可藉控制受精囊內精子之釋放方式以決定其子代之性比(Flanders, 1956)。如瘤姬蜂(pimpline)之雌蜂可由寄主體型之大小，決定產下雌性或雄性之卵(Arthur and Wylie, 1959; Kishi, 1970)。另外雌蜂本身體型之大小亦可影響其產卵量與壽命(Wylie, 1966)。由本試驗結果得知釉小蜂偏好在第五齡木蝨若蟲上產卵，而此舉可提高其子代之存活率、雌性比、蜂體大小、產卵量及壽命等(表六、七)。反之，若釉小蜂無此辨識寄主齡期之能力與偏好性，則其子代必因幼齡寄主營

量無
相關
$R^2=$

養不足，將嚴重影響該蜂之繁殖力(表六、七)。因而筆者等認爲釉小蜂對寄主木蝨齡期之偏好性亦與該蜂維持高度繁殖潛能之適應策略有關。

產卵策略

Askew and Shaw (1986)曾將寄生蜂利用寄主之方式分爲idiobiont與koinobiont二種策略。而Vinson and Iwantsch (1980)與 Shaw (1981) 認爲雌蜂副腺 (accessory glands)分泌之蜂毒不僅具有麻痺寄主之效果，尙可操縱寄主之生理與發育。由本試驗結果得知釉小蜂寄生於木蝨時係採用koinobiont型之外寄生方式。即該蜂產卵前先利用產卵管將蜂毒注入木蝨體內使寄主暫時失去知覺，便於產卵；繼之，該蜂將蜂卵黏附於寄主腹面胸腹相連之凹陷處，避免蜂卵因寄主之移動而脫落。同時在釉小蜂寄生行爲觀察中，發現若從第三至第五齡寄主若蟲上去除釉小蜂卵，則曾被產卵之寄主仍停止正常發育、不再蛻皮，在25℃下拖延8～9天後死亡。反之，若將釉小蜂第一、第二或第三齡幼蟲各接在未被寄生之木蝨第五齡若蟲上，則發現釉小蜂各齡幼蟲均不能吸附在木蝨體表，當木蝨爬行時，釉小蜂幼蟲即掉落。此等現象顯示釉小蜂之蜂毒可減弱木蝨活動力、抑制被寄生木蝨若蟲蛻皮及延緩木蝨發育，進而保護其子代在木蝨體外之寄生，同時此蜂毒亦有直接慢性致死木蝨之能力。

取食寄主策略

Jervis and kidd (1986)曾云在膜翅目中有17科、140種寄生蜂之雌蜂具有取食寄主之習性。此類寄生蜂先利用產卵管刺破寄主昆蟲體膚再以口器取食寄主體液，有助於其卵巢內卵之發育成熟，寄主則因被刺食而致死(Askew, 1971; DeBach, 1943; Fulton, 1933; Howard, 1910; Jervis and Kidd, 1986)。DeBach (1943)曾強調寄生蜂此種取食寄主行爲在降低寄主族群密度之效果，實與其產卵寄生行爲相同，甚至有時更爲重要。如在田間卵寄生蜂*Tetrastichus asparagi* (Grawford)取食石刁柏負泥蟲(*Crioceris asparagi* Linnaeus)卵之能力高達71％(Johnston, 1915)；另一種跳小蜂*Metaphycus helvolus* (Compere)對硬介殼蟲(*Saissetia oleae* Bernard)之取食致死率亦高達55％(DeBach, 1943)。Jervis and Kidd (1986)另依寄生蜂其取食寄主與產卵行爲是否在同一寄主上發生，及寄主被取食後是否致死，而分爲併存寄主不死(concurrent non-destructive)、併存寄主死(concurrent destructive)、不併存寄主不死(non-concurrent non-destructive)及不併存寄主死(non-concurrent destructive)等四型。由本試驗結果得知釉小蜂其取食寄主行爲屬產卵取食不併存寄主死亡型，即正常情況下釉小蜂對寄主有辨識能力，不會在同一木蝨上既產卵又取食，且木蝨一旦被取食後終因體液被吸食、或被殘害等之影響導致死亡。釉小蜂取食寄主時對木蝨齡期無顯著偏好性，其對第五齡木蝨若蟲之抑制力僅爲其產卵能力之21～28％。另在20與40隻不同木蝨密度下，當寄主密度低，蜂之壽命短、產卵量低、取食寄主量少；反之，當寄主密度高，蜂之壽命長、產卵量高、取食寄主量亦多(表八，圖四、五)。此等結果顯示釉小蜂雌蜂在每日供應木蝨密度20與40隻時其取食寄主策略，係提供蜂卵形成、繁殖所需之基本營養，因而就成蜂期之活動而言，釉小蜂得以分配更多時間與精力去產卵。至於釉小蜂雌蜂在木蝨極低或極高密度時之取食寄主策略則有待進一步測試。

繁殖策略

Price (1974)將寄生蜂之卵形成(egg production) 方式分爲synovigenic與proovigenic二種策略，亦即Flanders (1942, 1962)

及Dowell (1978)所云之anhydropic與hydropic二型。在25℃時，釉小蜂幼蟲期之發育僅4天；雌蜂壽命平均長達23.6天；無產卵前期，羽化當日供應寄主，該蜂即可平均產下5.4粒大型且卵黃發育完全之卵(圖四、五)，然蜂羽化後未供應寄主、僅餵食蜂蜜，經解剖雌蜂得知在羽化當日與次日卵巢內各有成熟卵5.8 (3～9)與11.5 (8～16)粒，其後卵巢不但無新卵成熟且有卵吸收(oosorption)情形(未發表資料)；另該蜂產卵期平均可持續達23.2天；彼等現象均顯示釉小蜂卵之形成屬autogenous synovigenic型。即釉小蜂幼蟲期之營養已夠該蜂首日與部份次日成熟卵之形成，且該蜂在第一次取食寄主前可先產下少部分卵，至於釉小蜂以後每日成熟卵之形成，則有賴該蜂前二日取食寄主所獲得之營養(未發表資料)。又據釉小蜂日取食寄主與產卵間之相關係數(表九)，得知不論在木蝨密度爲每日20或40隻時，二者間皆以當日之反應最強(20隻木蝨時 $r=0.5385$, $n=90$; 40隻木蝨時 $r=0.3162$, $n=113$)，此或顯示取食寄主對釉小蜂繁殖之意義，非但供應蜂卵形成之營養，尙刺激當日蜂卵之產下，且後者較前者明顯。因而探討釉小蜂每日取食寄主與產卵比值時，筆者等係以該蜂“當日取食寄主量／當日產卵量”表示之。

取食與產卵比值

釉小蜂之取食與產卵比值在木蝨密度爲20與40隻時，密度處理間無顯著差異(表八)，但該比值與蜂齡有關。如每日供應40隻木蝨第五齡若蟲時，雌蜂日齡在4～18天間，其日取食與產卵比值頗爲一致，平均爲0.18±0.01，然日齡在3天或19天後，其日取食與產卵比值偏高，平均爲0.37±0.11與0.29±0.01。顯示蜂齡在4～18天內，釉小蜂每取食0.18隻木蝨第五齡若蟲時，當日即可產下1粒卵，而蜂齡在1～3天或19天以後，因受其卵巢發育或壽命與產卵能力之限制，致使其日取食與產卵比值變相提高，平均每取食0.29～0.37隻木蝨第五齡若蟲，當日才產下1粒卵(圖五)。

過寄生現象

釉小蜂爲單元寄生，且雌蜂可辨識已被寄生之寄主，避免再次產卵。據初步觀察結果得知釉小蜂僅在密閉小空間(直徑3.5 mm、高20cm)與寄主密度低(1～8隻)時較常發生過寄生現象(未發表資料)，但當木蝨密度爲20與40隻時，該蜂對木蝨之過寄生率即減少，各爲10.4%與1.1%(表八)。過寄生蜂卵一般雖均可順利孵化爲第一齡幼蟲，但發育至第二齡幼蟲時，卻僅存1隻。同時由於釉小蜂第一齡幼蟲之食量很少，因此該蜂發育之蜂體大小不因過寄生現象而與正常者有顯著差異。

誌　謝

本文爲第一作者將提出之國立臺灣大學植物病蟲害學研究所博士論文之一部分。本文承陳秋男教授與張慧羽教授指正，及翁振宇先生協助攝製幻燈片謹此致謝。本試驗由行政院農業委員會補助部分經費〔79農建-7.1-糧-51(I)5、80農建-7.1-糧-114(5)〕。

參考文獻

錢景秦、朱耀沂、古琇芷。1991。柑橘木蝨之生物防治II。亮腹釉小蜂與紅腹跳小蜂對柑橘木蝨之防治效果評估。中華昆蟲 11(1): 25-38。

錢景秦、邱瑞珍、古琇芷。1988。柑橘木蝨之生物防治I。亮腹釉小蜂(*Tamarixia radiata*)之引進繁殖與釋放試驗。中華農業研究 37(4): 430-439。

Arthur, A. P., and H. G. Wylie. 1959.

Effects of host size on sex ratio, development time and size of *Pimpla turionellae* (L.) (Hymenoptera: Ichneumonidae). Entomophaga 4: 297–301.

Askew, R. R. 1971. Parasitic insects. pp. 136–137. American Elsevier Publiching Company Inc. New York.

Askew, R. R., and M. R. Shaw. 1986. Parasitoid communities: their size, structure and development. pp. 225–264 *in* J. Waage, and D. Greathead, eds. Insect Parasitoids. Academic Press, London.

Aubert, B., and S. Quilici. 1984. Biological control of the African and Asian citrus psyllids (Homoptera: Psylloidea), through eulophid and encyrtid parasites (Hymenoptera: Chalcidoidea) in Reunion Island. pp. 100–108 *in* S. M. Garnsey, L. W. Timmer, and J. A. Dodds, eds. Proc. 9th Conf. Intern. Organization Citrus Virol. Riverside, CA.

Birch, L. C. 1948. The intrinsic rate of natural increase of population. J. Anim. Ecol. 17: 15–26.

Charnov, E. L. 1982. The theory of sex allocation. Princeton University Press, Princeton. X+355pp. (cited by Gauld, I., and B. Bolton, 1988).

Chien, C. C., S. C. Chiu, and S. C. Ku. 1989. Biological control of *Diaphorina citri* in Taiwan. Fruits 44(7–8): 401–407.

DeBach, P. 1943. The importance of host-feeding by adult parasites in the reduction of host populations. J. Econ. Entomol. 36: 536–553.

Dowell, R. 1978. Ovary structure and reproductive biologies of larval parasitoids of alfalfa weevil (Coleoptera: Curculionidae). Can. Entomol. 110: 507–512.

Dyar, H. G. 1890. The number of molts of Lepidopterous larvae. Psyche 5: 420–422.

Flanders, S. E. 1942. Oosorption and ovulation in relation to oviposition in the parasitic Hymenoptera. Ann. Entomol. Soc. Amer. 35: 251–266.

Flanders, S. E. 1956. The mechanisms of sex-ratio regulation in the (Parasitic) Hymenoptera. Ins. Soc. 3: 325–334.

Flanders, S. E. 1962. The parasitic Hymenoptera: specialists in population regulation. Can. Entomol. 94: 1133–1147.

Fulton, P. B. 1933. Notes on *Habrocytus cerealellae*. Ann. Entomol. Soc. Amer. 26: 536–553.

Gauld, I., and B. Bolton (eds.). 1988. The Hymenoptera. pp. 9–29. British Museum (Natural History) Oxford University Press, New York.

Gavarra, M. R., and B. G. Mercado. 1989. Progress report on studies dealing with the psyllid vector (*Diaphorina citri*) of greening disease in the Philippines. pp. 23–28 *in* B. Aubert, C. Ke, and C. Gonzales, eds. Proc. 2nd FAO–UNDP Regional Workshop Lipa Philippines Asian/ Pacific Citrus Greening. Lipa.

Hamilton, W. D. 1967. Extraordinary sex ratios. Science 156: 477–488.

Havron, A., D. Rosen, Y. Rossler, and J. Hillel. 1987. Selection on male hemizygous genotype in arrhenotokous insects and mites. Entomophaga 32: 261–268.

Howard, L. O. 1910. On the habit with certain Chalcidoidea of feeding at puncture holes made by the ovipositor. J. Econ. Entomol. 3: 257–260.

Husain, M. A., and L. D. Nath. 1924. The life history of *Tetrastichus radiatus* parasitic on *Euphalerus citri* Kuwayama and its hyperparasite. Rep. Proc. 5th Entomol. Meet.: 122–128. Pusa. (RAE(A)12: 383).

Jervis, M. A., and N. A. C. Kidd. 1986. Host-feeding strategies in Hymenopteran parasitoids. Biol. Rev. 61: 395–434.

Johnston, F. A. 1915. Asparagus-beetle egg parasite. J. Agric. Res. 4: 303–314.

Kishi, Y. 1970. Differences in the sex ratio of the pine bark weevil parasite, *Dolichomitus* sp. (Hymenoptera: Ichneumonidae), emerging from different host species. Appl. Entomol. Zool. 5: 126–132.

Nurhadi. 1989. Integrated approaches to formulate control measure against greening vector, *Diaphorina citri* Kuw. in Indonesia. pp. 47–49 *in* B. Aubert, C. Ke, and C. Gonzales, eds. Proc. 2nd FAO-UNDP Regional Workshop Lipa Philippines Asian/Pacific Citrus Greening. Lipa.

Price, P. W. 1974. Strategies for egg production. Evolution 28: 76–84.

Shaw, M. R. 1981. Delayed inhibition of host development by the nonparalyzing venoms of parasitic wasps. J. Invertebr. Pathol. 37: 215–221.

Tang, Y. Q. 1990. On the parasite complex of *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae) in Asian-Pacific and other areas. pp. 240–245 *in* B. Aubert, S. Tontyaporn, and D. Buangsuwon, eds. Rehabilitation of citrus industry in the Asia Pacific region. Proc. Asia Pacific Intern. Conf. Citriculture. Chiang-Mai.

Vinson, S. B., and G. F. Iwantsch. 1980. Host regulation by insect parasitoids. Quart. Rev. Biol. 55: 143–165.

Waterston, J. 1922. On the chalcidoid parasites of psyllids (Hemiptera, Homoptera). Bull. Entomol. Res. 13: 41–58.

Wylie, H. G. 1966. Some effects of female parasite size on reproduction of *Nasonia vitripennis* (Walk.) (Hymenoptera: Pteromalidae). Can. Entomol. 98: 196–198.

Xia, Y. H. 1988. Successful rearing in cotrolled environmental conditions of imported *Tamarixia radiata* (Waterston) form Reunion Island. Fujian Agric. Sci. Tech. 5: 4.

收件日期：1991年7月24日
接受日期：1991年9月9日